

5

INJEKTOR FÜR KRAFTSTOFF-EINSPRITZSYSTEME VON  
BRENNKRAFTMASCHINEN, INSBESONDERE VON  
DIREKTEINSPRITZENDEN DIESELMOTOREN

10

Stand der Technik

Die Erfindung bezieht sich auf einen Injektor nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

15

Ein Injektor der vorbezeichneten Art ist Gegenstand der (nicht vorveröffentlichten) DE ... (R.305 558). Vorteile dieses bekannten Injektors liegen in seinem vglw. unkomplizierten Aufbau (wenig Einzelteile) und in der direkten Steuerung der Düsennadel durch den Piezoaktor. Die Geschwindigkeit der Düsennadelbewegung kann über den Spannungsverlauf des Piezoaktors eingestellt werden. Außerdem zeichnet sich der bekannte Injektor dadurch aus, dass er ohne einen Kraftstoff-Rücklauf auskommt.

20

25

Vorteile der Erfindung

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, mit vglw. einfachen Mitteln eine Möglichkeit zur stufenweisen Ansteuerung und Betätigung des Düsenaustritts zu schaffen.

30

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einem Injektor der eingangs bezeichneten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Grundgedankens der Erfindung enthalten die Patentansprüche 2 - 9 .

Durch die Erfindung wird es vorteilhafterweise möglich, den Düsenaustritt stufenweise zu betätigen, indem man die beiden Düsennadeln - durch entsprechende Spannungsbeaufschlagung des Piezoaktors - nacheinander ansteuert. Das erfindungsgemäße System hat außerdem den Vorteil, ohne Rücklauf auszukommen.

#### Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, das im Folgenden detailliert beschrieben wird. Es zeigt (jeweils schematisch):

Fig. 1 eine Ausführungsform eines direktgesteuerten Common-Rail-Injektors mit Piezoaktor, im vertikalen Längsschnitt,

Fig. 2 einen unteren Teilbereich des Injektors nach Fig. 1, in gegenüber Fig. 1 vergrößerter Darstellung, und

Fig. 3 - in Diagrammdarstellung - die vom Piezoaktor auf den Übersetzerkolben aufgebraachte Kraft, aufgetragen über dem Hub des Piezoaktors.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 und 2 bezeichnet 10 einen zylindrischen Injektorkörper mit einer durchgehenden, auf dem überwiegenden Teil ihrer Längserstreckung zylindrischen Ausnehmung 11. An ihrem oberen Ende besitzt die Ausnehmung 11 zunächst einen sich konisch verjüngenden Abschnitt 12,

der in einen rechtwinklig abgelenkten, schließlich nach außen mündenden  
Abschnitt 13, 14 übergeht. In dem mit 15 bezifferten zylindrischen Abschnitt  
der Ausnehmung 11 ist ein ebenfalls zylindrischer Piezoaktor 16  
vergleichsweise großer Längserstreckung angeordnet, dessen Durchmesser  
kleiner ist als der Innendurchmesser des Ausnehmungsabschnitts 15.

Hierdurch ergibt sich zwischen der Außenwand des Piezoaktors 16 und der  
Innenwandung des Injektorkörpers 10 ein Ringraum 17. Zur hierzu  
erforderlichen Zentrierung des Piezoaktors 16 innerhalb des Injektorkörpers  
10 dient zum einen der konische Abschnitt 12 der axialen Ausnehmung 11.  
Zum anderen können bei Bedarf in dem Ringraum 17 in bestimmten axialen  
Abständen voneinander fluiddurchlässige Distanzscheiben vorgesehen sein  
(nicht gezeigt).

Der obere, abgewinkelte Abschnitt 13, 14 der Ausnehmung 11 fungiert als  
Kabeldurchführung für die Stromversorgung des Piezoaktors 16.

Am oberen Ende des Injektorkörpers 10 ist eine Kraftstoffzuführung 18, z.B.  
Hochdruckanschluss eines Common-Rail-Systems, vorgesehen, die über  
einen Druckkanal 19 mit dem Ringraum 17 in hydraulischer Verbindung  
steht.

An das untere Ende des Injektorkörpers 10 und coaxial zu diesem schließt  
sich ein Düsenkörper 20 an, der eine erste Düsennadel 21 aufnimmt. Der  
Düsenkörper 20 ist mittels einer Überwurfmutter (Spannmutter) 22 an dem  
Injektorkörper 10 befestigt, derart, dass er mit einer rückseitigen Stirnfläche  
23 an einer unteren Stirnfläche 24 des Injektorkörpers 10 dichtend zur  
Anlage kommt.

Zur Aufnahme der ersten Düsennadel 21 besitzt der Düsenkörper 20 einen  
nach oben hin offenen, mehrfach abgestuften Innenraum 25, der unten einen

in mehrere Düsen-Austrittsbohrungen 26 bis 29 ausmündenden konischen  
5 Ventilsitz 30 bildet.

An ihrem oberen Ende besitzt die erste Düsennadel 21 einen Abschnitt 31  
größeren Durchmessers, der in einen zylindrischen Innenraum 32 eines  
hülsenförmigen, nach unten offenen Übersetzerkolbens 33 eingepasst ist.

10 Den oberen Abschluss des Übersetzerkolbens 33 bildet ein Bund 34. Eine in  
dem Ringraum 17 - hierbei den Übersetzerkolben 33 umschließend -  
angeordnete, sich einerseits an der Stirnfläche 23 des Düsenkörpers 20,  
andererseits am Bund 34 des Übersetzerkolbens 33 abstützende Schrauben-  
druckfeder 35 hält den Übersetzerkolben 33 mit dem Piezoaktor stirnseitig in  
15 Anlage. Durch den von der Druckfeder 35 über den Übersetzerkolben 33 auf  
den Piezoaktor 16 in Pfeilrichtung 36 wirkenden Druck wird der Piezoaktor 16  
an seiner Oberseite 37 gegen den Injektorkörper 10 abgedichtet, und der  
elektrische Anschluss (nicht gezeigt) kann somit durch die abgewinkelten  
Bohrungen 13, 14 aus dem Injektorkörper 10 herausgeführt werden.

20 Eine - insbesondere aus Fig. 2 ersichtliche - Besonderheit besteht darin,  
dass die erste Düsennadel 21 eine durchgehende, konzentrische, durch  
einen Absatz 38 abgestufte Axialausnehmung 39 aufweist, in der eine  
ebenfalls durch einen Absatz 40 entsprechend abgestufte zweite Düsennadel  
25 41 axial verschieblich eingepasst ist.

Im unteren Teil des Düsenkörpers 20 ist - als Bestandteil des Düsenkörper-  
Innenraumes 25 - ein die erste Düsennadel 21 konzentrisch umgebender  
zylindrischer Druckraum 42 ausgebildet, der über Bohrungen 43, 44 im  
30 Düsenkörper 20 und einen zwischen dem Düsenkörper 20 und der  
Spannmutter 22 ausgebildeten Ringraum 45 mit dem Ringraum 17 des  
Injektorkörpers 10 hydraulisch verbunden ist.

Der Innenraum 25 des Düsenkörpers 20 weist oben eine abgestufte  
Durchmessererweiterung 46 auf, in der der Übersetzerkolben 33 so geführt  
5 ist, dass ein in dem erweiterten Innenraumteil 46 unterhalb des  
Übersetzerkolbens 33 ausgebildeter erster Steuerraum 47 über einen  
Leckspalt 48 (s. insbesondere Fig. 2) mit dem Ringraum 17 des  
Injektorkörpers 10 in hydraulischer Verbindung steht. Ein Abschnitt 49 des  
Düsenkörper-Innenraumes 25 mit vergleichsweise kleinem Durchmesser  
10 dient zur Führung der ersten Düsennadel 21 innerhalb des Düsenkörpers 20.  
Auch diese Führungspassung 49 ist so konzipiert, dass sich ein Leckspalt  
ergibt. Der erste Steuerraum 47 ist somit über den zweiten Leckspalt 49 mit  
dem zylindrischen Raum 42 hydraulisch verbunden, der seinerseits - über die  
Ausnehmungen 43 bis 45 - vom Ringraum 17 des Injektorkörpers 10 her  
15 hochdruckbeaufschlagt ist. Der sich oberhalb der Düsennadel 21  
erstreckende Innenraum 32 des Übersetzerkolbens 33 ist ebenfalls mit dem  
hochdruckbeaufschlagten Ringraum 17 des Injektorkörpers 10 hydraulisch  
verbunden, und zwar über eine seitliche Bohrung 50 im Übersetzerkolben 33.  
Der obere (verdickte) Abschnitt 31 der ersten Düsennadel 21 ist so im  
20 Übersetzerkolben 33 geführt, dass sich ein (weiterer) Leckspalt 51 (s. Fig. 2)  
ergibt. Auch über diesen (dritten) Leckspalt 51 ist somit eine hydraulische  
Verbindung zwischen dem ersten Steuerraum 47 und dem  
hochdruckbeaufschlagten Ringraum 17 des Injektorkörpers 10 hergestellt.

25 Eine weitere Besonderheit besteht darin, dass innerhalb der  
Axialausnehmung 39 - zwischen deren Absatz 38 und dem Absatz 40 der  
zweiten Düsennadel 41 - ein (zweiter) innerer Steuerraum 52 ausgebildet ist,  
der mit dem ersten (äußeren) Steuerraum 47 in hydraulischer Verbindung  
steht. Der zweite (innere) Steuerraum 52 besitzt ein kleineres Volumen als  
30 der erste (äußere) Steuerraum 47. Die hydraulische Verbindung der beiden  
Steuerräume erfolgt durch eine die erste Düsennadel 21 im Bereich ihres  
Absatzes 38 schräg durchsetzende Bohrung 53.

Wie des Weiteren insbesondere aus Fig. 2 hervorgeht, ist in dem Innenraum  
5 32 des Übersetzerkolbens 33 eine (zweite) Schraubendruckfeder 54  
angeordnet, die auf die erste Düsennadel 21 eine in Schließrichtung (Pfeil  
55) gerichtete Kraft ausübt. Durch die (zweite) Druckfeder 54 wird die erste  
Düsennadel 21 während der Pausen zwischen den Einspritzvorgängen und  
bei Stillstand des Fahrzeugs geschlossen gehalten. In Fig. 1 und 2 ist die  
10 Öffnungsstellung der beiden Düsennadeln 21 und 41 gezeigt. In dieser  
Stellung findet ein Einspritzvorgang statt, an dem sämtliche  
Austrittsöffnungen - beim dargestellten Beispiel also die Bohrungen 26 bis  
29 - beteiligt sind. Hierbei gelangt aus dem zylindrischen Druckraum 42  
Kraftstoff durch die Austrittsbohrungen 26 bis 29 in den (nicht dargestellten)  
15 Zylinderbrennraum der Brennkraftmaschine.

Der am unteren Ende des Übersetzerkolbens 33 ausgebildete erste  
Steuerraum 47 dient zum hydraulischen Längenausgleich und als  
hydraulischer Übersetzer für die Dehnungsbewegung des Piezoaktors 16  
20 bezüglich der ersten Düsennadel 21.

Fig. 1 und 2 (insbesondere Fig. 2) machen weiterhin deutlich, dass das  
piezoaktorseitige (obere) Ende der zweiten Düsennadel 41 von im Inneren  
des Übersetzerkolbens 33 angeordneten dritten Federmitteln 56 in Richtung  
25 Schließstellung (Pfeil 55) beaufschlagt ist. Es handelt sich bei den dritten  
Federmitteln 56 um eine Schraubendruckfeder, die konzentrisch zu den  
zweiten Federmitteln (Schraubendruckfeder 54) angeordnet und von diesen  
umschlossen ist und sich einerseits an der zweiten Düsennadel 41,  
andererseits am piezoaktorseitigen (oberen) Ende des Übersetzerkolben-  
30 Innenraumes 32 abstützt. Hierzu ist am piezoaktorseitigen (oberen) Ende der  
zweiten Düsennadel 41 ein Absatz 57 ausgebildet, an den sich ein Zapfenteil  
58 mit geringerem Durchmesser anschließt, auf dem die  
Schraubendruckfeder 56 angeordnet ist.

Wie des Weiteren insbesondere aus Fig. 2 hervorgeht, weist die von der  
5 zweiten Düsennadel 41 durchsetzte Axialausnehmung 39 der ersten  
Düsennadel 21 in ihrem düsenaustrittsseitigen (unteren) Bereich eine  
Durchmessererweiterung auf. Hierdurch entsteht ein den  
düsenaustrittsseitigen (unteren) Bereich der zweiten Düsennadel 41  
umgebender ringzylindrischer Hohlraum 59. In die erste Düsennadel 21 ist  
10 eine Radialbohrung 60 eingearbeitet, die den zylindrischen Druckraum 42 mit  
dem ringzylindrischen Hohlraum 59 hydraulisch verbindet.

Eine weitere Besonderheit besteht darin, dass der die Düsen-  
Austrittsöffnungen 26 bis 29 enthaltende (untere) Endbereich 61 des  
15 Düsenkörpers 20 und die - jeweils als Schließkörper fungierenden -  
Endabschnitte 62, 63 der beiden Düsennadeln 21 bzw. 41 konisch  
ausgebildet sind, so dass sich die Endabschnitte 62, 63 der Düsennadeln 21  
bzw. 41 in gemeinsamer Schließ- bzw. Öffnungsstellung (Fig. 1 und 2) zu  
einer einheitlichen Konusfläche ergänzen. Die Düsen-Austrittsöffnungen 26  
20 bis 29 und die konischen Endabschnitte 62, 63 der beiden Düsennadeln 21  
bzw. 41 sind in ihren Abmessungen bzw. ihrer Lage so aufeinander  
abgestimmt, dass die beiden radial innen liegenden Düsen-  
Austrittsöffnungen 26, 27 vom konischen Endabschnitt 63 der zweiten  
Düsennadel 41 betätigt werden und die beiden radial äußeren Düsen-  
25 Austrittsöffnungen 28, 29 mit dem konischen Endabschnitt 62 der ersten  
Düsennadel 21 zusammenwirken.

Der im Vorstehenden beschriebene Injektor arbeitet wie folgt:

Der Piezoaktor 16 ist in Spritzpausen unbestromt. Wird nun der Piezoaktor  
30 16 elektrisch angesteuert, so dehnt er sich aus und bewegt den  
Übersetzerkolben 33 gegen die Kraft der Federn 35, 54 und 56 (in  
Pfeilrichtung 55) nach unten. Das Volumen der Steuerräume 47 und 52  
verkleinert sich, und der Druck in den Steuerräumen 47, 52 steigt. Dadurch

wird auf die beiden Düsennadeln 21 und 41 eine Kraft in Öffnungsrichtung  
(Pfeil 36) ausgeübt. Sobald die öffnende Kraft die schließenden Druck- und  
Federkräfte übersteigt, bewegt sich diejenige Düsennadel in Öffnungs-  
richtung (Pfeil 36), die einer geringeren Öffnungskraft bedarf. Dies ist bei  
dem in Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispiel die zweite (innere)  
Düsennadel 41. Denn bei dieser ist die dem Brennraum der  
Brennkraftmaschine zugewandte Druckfläche kleiner als die der ersten  
(äußeren) Düsennadel 21. Sobald die zweite (innere) Düsennadel 41 öffnet,  
sinkt der Druck in den Steuerräumen 47, 52 nicht weiter ab. Nach kurzem  
Hub (ca. 0,1 mm, je nach hydraulischem Durchfluß) schlägt die zweite  
Düsennadel 41 an ihrem oberen Anschlag an, wobei das Zapfenteil 58 mit  
der inneren (oberen) Stirnfläche des Übersetzerkolbens 33 zur Anlage  
kommt. Um jetzt auch die erste (äußere) Düsennadel 21 in ihre Öffnungs-  
stellung (Fig. 1 und 2) zu bewegen, bedarf es einer (weiteren) Erhöhung der  
am Piezoaktor 16 anliegenden elektrischen Spannung. Der Piezoaktor 16  
dehnt sich dadurch nochmals in Axialrichtung (Pfeil 55) so weit aus, dass  
sich nunmehr auch die erste Düsennadel 21 in Öffnungsstellung (Fig. 1 und  
2) bewegt und die Düsenaustrittsöffnungen 28, 29 freigibt. Infolge der durch  
den Übersetzerkolben 33 bewirkten Wegübersetzung vermag die erste  
Düsennadel 21 einen maximalen Hub auszuführen, der deutlich über dem  
Hub des Piezoaktors 16 liegt. (Da die erste Düsennadel 21 von innen und  
außen mit Kraftstoff versorgt wird, kann der Hub deutlich unter 200 µm  
liegen.) Sobald die Düsennadeln 21, 41 den Hubbereich der Sitzdrosselung  
verlassen haben, sind sie druckausgeglichen. Der Piezoaktor 16 muss dann  
über den Übersetzerkolben 33 den Druck in den Steuerräumen 47, 52 nur  
noch so weit über dem Hochdruck (Raildruck) des bei 18 (Fig. 1 )  
zugeführten Kraftstoffs halten, dass die Widerstände der Federn 35, 54 und



56 überwunden werden. Die längstmögliche Ansteuerdauer wird durch die  
5 Leckage aus den Steuerräumen 47, 52 bestimmt. Sinkt der Druck in den  
Steuerräumen 47, 52 auf den Raildruck ab, so schließen die Düsennadeln  
21, 41. Zum aktiven Schließen der Düsennadeln 21, 41 muss die am  
Piezoaktor 16 anliegende elektrische Spannung auf Null reduziert werden.  
Der Piezoaktor 16 zieht sich daraufhin zusammen, und der Druck in den  
10 Steuerräumen 47, 52 sinkt unter den Raildruck. Dadurch erfahren die  
Düsennadeln 21, 41 schließende Kräfte, bewegen sich in Pfeilrichtung 55  
und schließen die Düsen-Austrittsöffnungen 26 bis 29. Die erste (äußere)  
Druckfeder 35 verhindert, dass der Piezoaktor 16 sich vom Übersetzerkolben  
33 trennt.

15 Bei dem in Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispiel sind also die  
Volumina der Steuerräume 47, 52 und die von den Steuerraumdrücken bzw.  
von dem Druck der Kraftstoffzuführung 18, 19 bzw. vom Federmitteldruck  
beaufschlagten Flächen der Düsennadeln 21, 41 so aufeinander abgestimmt,  
20 dass sich die beiden Düsennadeln 21, 41 durch Veränderung der am  
Piezoaktor 16 anliegenden elektrischen Spannung nacheinander öffnen und  
- durch Wegnahme der Spannung vom Piezoaktor 16 - gleichzeitig schließen  
lassen.

25 Im Folgenden sei anhand eines einfachen Rechenbeispiels gezeigt, welche  
Kräfte und welche Leistungen benötigt werden, um die beschriebenen  
Funktionen auszuführen:

Bei einem Außendurchmesser der zweiten (inneren) Düsennadel 41 von  
1,7 mm (Sitzdurchmesser: 1,6 mm) werden bei 1600 bar Raildruck 321 N  
30 benötigt, um die zweite Düsennadel 41 in Öffnungsstellung (Fig. 1 und 2) zu  
bewegen. Bei einer Hubübersetzung von 4:1 für die zweite Düsennadel 41  
entspricht dies 1284 N Piezokraft, zuzüglich der Federkräfte. Sobald die

zweite Düsennadel 41 einige Mikrometer geöffnet ist, nimmt die notwendige  
5 (weitere) Öffnungskraft sehr stark ab, da der Druck an der Nadelunterseite  
steigt. Wenn die zweite Düsennadel 41 ihren vollen Hub erreicht hat  
- 0.08 mm sind ausreichend, da die radial innenliegenden Düsen-  
Austrittsöffnungen 26, 27 in diesem Beispiel den kleineren hydraulischen  
Durchfluß aufweisen -, hat sich der Piezoaktor 16 um 0.02 mm verlängert  
10 (unter Vernachlässigung der Leckageverluste und der Kompressibilität). Um  
nun die erste (äußere) Düsennadel 21 mit einem Innendurchmesser (= innerer  
Sitzdurchmesser) von 2,0 mm und einem Aussendurchmesser von 2,8 mm zu öffnen,  
wird eine Kraft von 482,54 N benötigt. Bei einer Hubübersetzung von 1:3 entspricht dies  
15 einer Kraft von 1450 N am Piezoaktor 16. Diese Kraft ist höher als die Öffnungskraft der zweiten  
(inneren) Düsennadel 41.

(Bei entsprechend andersartiger Wahl der Hubübersetzung für die erste und  
die zweite Düsennadel (21 bzw. 41) kann - bei Bedarf - auch erreicht werden,  
20 dass zuerst die erste (äußere) Düsennadel (21) und erst anschließend die  
zweite (innere) Düsennadel (41) öffnet.)

Um den notwendigen Öffnungshub der ersten Düsennadel (21) von 0,15 mm  
zu erreichen - mehr ist nicht notwendig, da die erste Düsennadel (21) von  
25 innen und außen mit Kraftstoff versorgt wird -, muss der Piezoaktor (16) sich  
nochmals um 0,05 mm längen. Damit ergibt sich in diesem Beispiel ein  
notwendiger Gesamthub des Piezoaktors (16) von ca. 0,075 mm, zuzüglich  
Verlusten von Leckage und Kompressibilität. Unter der Annahme, dass  
insgesamt weitere 0,025 mm Piezoaktorhub zur Kompensation der Verluste  
30 benötigt werden, kann ein Piezoaktor, der die aus Fig. 3 ersichtliche und mit  
64 bezeichnete Kraft-Weg-Kurve erfüllt, verwendet werden.

- 5 Bei einer Vergrößerung des Sitzwinkels und einer etwas knapperen  
Auslegung der notwendigen Hübe von erster und zweiter Düsenadel (21  
bzw. 41) lassen sich auch deutlich kleinere Werte für Maximalkraft und Hub  
erreichen. So würde etwa bei einem Sitzwinkel von  $90^0$  (bei dem in Fig. 1  
und 2 gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Sitzwinkel etwas kleiner als  
10  $90^0$ ) die zweite (innere) Düsenadel 41 nur noch einen Hub von  $60\text{ }\mu\text{m}$  und  
die erste (äußere) Düsenadel 21 nur noch einen Hub von  $100\text{ }\mu\text{m}$   
benötigen. Damit ergäbe sich bei gleichen Übersetzungsverhältnissen und  
gleichem Zuschlag für Leckage ein deutlich kleinerer Maximalhub des  
Piezoaktors 16 von nur  $80\text{ }\mu\text{m}$  (s. Kurve 65 in Fig. 3).

5

## PATENTANSPRÜCHE

10

1. Injektor für Kraftstoff-Einspritzsysteme von Brennkraftmaschinen,  
insbesondere von direkteinspritzenden Dieselmotoren, mit einem in einem  
Injektorkörper (10) angeordneten Piezoaktor (16), der über erste  
Federmittel (35) einerseits mit dem Injektorkörper (10), andererseits mit  
15 einem hülsenartigen Übersetzerkolben (33) in Anlage gehalten wird, mit  
einem mit dem Injektorkörper (10) verbundenen, mindestens eine Düsen-  
Austrittsöffnung (26 - 29) aufweisenden Düsenkörper (20), in dem eine  
abgestufte (erste) Düsennadel (21) axial verschieblich geführt ist, mit  
innerhalb des Übersetzerkolbens (33) angeordneten zweiten Federmitteln  
20 (54), welche - zusammen mit dem rückseitig auf die (erste) Düsennadel  
(21) einwirkenden Einspritzdruck - die (erste) Düsennadel (21) in  
Schließstellung halten und mit einem am düsennadelseitigen Ende des  
Übersetzerkolbens (33) ausgebildeten (äußeren) Steuerraum (47), der  
über mindestens einen Leckspalt mit einer unter Einspritzdruck stehenden  
25 Kraftstoffzuführung (18) in Verbindung steht, wobei die (erste)  
Düsennadel (21) durch den im (äußeren) Steuerraum (47) befindlichen  
Kraftstoff in Öffnungsrichtung (55) beaufschlagt ist, und wobei die (erste)  
Düsennadel (21) mit einem rückwärtigen Bereich (31), der einen größeren  
Durchmesser aufweist als ein düsenaustrittsseitiger Bereich der (ersten)  
30 Düsennadel (21), in den Innenraum (32) des Übersetzerkolbens (33)  
eingepasst ist,  
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Düsennadel (21) eine

5 durchgehende, konzentrische, durch einen Absatz (38) abgestufte  
Axialausnehmung (39) aufweist, in der eine ebenfalls durch einen Absatz  
(40) entsprechend abgestufte zweite Düsennadel (41) axial verschieblich  
eingepasst ist, dass innerhalb der Axialausnehmung (39) - zwischen  
deren Absatz (38) und dem Absatz (40) der zweiten Düsennadel (41) - ein  
10 (zweiter) innerer Steuerraum (52) ausgebildet ist, der mit dem äußeren  
(ersten) Steuerraum (47) in hydraulischer Verbindung steht, und dass die  
Steuerraumvolumina und die von den Steuerraumdrücken bzw. von dem  
Druck der Kraftstoffzuführung (18, 19) bzw. vom Federmitteldruck  
beaufschlagten Flächen der Düsennadeln (21, 41) so aufeinander  
15 abgestimmt sind, dass sich die beiden Düsennadeln (21, 41) durch  
Veränderung der am Piezoaktor (16) anliegenden elektrischen Spannung  
nacheinander öffnen lassen.

2. Injektor nach Anspruch 1,

20 dadurch gekennzeichnet, dass die flüssigkeitsdruckbeaufschlagten  
Flächen der zweiten Düsennadel (41) im Verhältnis zu den  
flüssigkeitsdruckbeaufschlagten Flächen der ersten Düsennadel (21) so  
konzipiert sind, dass sich die zweite Düsennadel (41) bereits bei einem  
vglw. niedrigen Steuerraumdruck (vglw. niedrige Piezoaktorspannung),  
25 die erste Düsennadel (21) dagegen erst bei vglw. hohem  
Steuerraumdruck (vglw. hohe Piezoaktorspannung) öffnen lässt.

3. Injektor nach Anspruch 1 oder 2,

30 dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Steuerräume (47, 52) durch  
eine die erste Düsennadel (21) durchsetzende Bohrung (53) hydraulisch  
miteinander verbunden sind.

- 5 4. Injektor nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, wobei  
der Innenraum (32) des Übersetzerkolbens (33) mit der  
Kraftstoffzuführung (18) hydraulisch verbunden ist,  
dadurch gekennzeichnet, dass das piezoaktorseitige (obere) Ende der  
zweiten Düsennadel (41) von im Inneren des Übersetzerkolbens (33)  
angeordneten dritten Federmitteln (56) in Richtung Schließstellung (Pfeil  
10 55) beaufschlagt ist.
- 15 5. Injektor nach Anspruch 4, wobei als die erste Düsennadel (21) in  
Schließrichtung (Pfeil 55) beaufschlagende Federmittel eine  
Schraubendruckfeder (54) dient, die koaxial zur ersten Düsennadel (21)  
angeordnet ist und sich einerseits an deren rückseitiger Stirnfläche,  
andererseits am piezoaktorseitigen (oberen) Ende des Übersetzerkolben-  
Innenraumes (32) abstützt,  
dadurch gekennzeichnet, dass auch die dritten Federmittel eine  
Schraubendruckfeder (56) sind, welche konzentrisch zu den zweiten  
20 Federmitteln (Schraubendruckfeder 54) angeordnet und von diesen  
umschlossen ist und sich einerseits an der zweiten Düsennadel (41)  
andererseits am piezoaktorseitigen (oberen) Ende des Übersetzerkolben-  
Innenraumes (32) abstützt.
- 25 6. Injektor nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet, dass am piezoaktorseitigen (oberen) Ende der  
zweiten Düsennadel (41) ein Absatz (57) ausgebildet ist, an den sich ein  
Zapfenteil (58) mit geringerem Durchmesser anschließt, und dass die als  
dritte Federmittel fungierende Schraubendruckfeder (56) auf dem  
30 Zapfenteil (58) angeordnet ist.

- 5        7. Injektor nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, wobei  
im düsenaustrittsseitigen Bereich des Düsenkörpers (20) ein die erste  
Düsennadel (21) konzentrisch umgebender zylindrischer Druckraum (42)  
ausgebildet ist, der mit der unter Einspritzdruck (Hochdruck) stehenden  
Kraftstoffzuführung (18) hydraulisch verbunden ist,
- 10        dadurch gekennzeichnet, dass die von der zweiten Düsennadel (41)  
durchsetzte Axialausnehmung (39) der ersten Düsennadel (21) in ihrem  
düsenaustrittsseitigen (unteren) Bereich eine Durchmessererweiterung  
aufweist, derart, dass ein den düsenaustrittsseitigen (unteren) Bereich der  
zweiten Düsennadel (41) umgebender ringzylindrischer Hohlraum (59)
- 15        entsteht, und dass in die erste Düsennadel (21) mindestens eine  
Radialbohrung (60) eingearbeitet ist, die den zylindrischen Druckraum  
(42) mit dem ringzylindrischen Hohlraum (59) hydraulisch verbindet.
- 20        8. Injektor nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Düsenaustritt (61) des Düsenkörpers  
(20) eine oder mehrere radial außen liegende, von der ersten (äußeren)  
Düsennadel (21) betätigte Düsen-Austrittsöffnungen (28, 29) und eine  
oder mehrere radial innen liegende Düsen-Austrittsöffnungen (26, 27)
- 25        aufweist, die von der zweiten (inneren) Düsennadel (41) betätigbar sind.
- 30        9. Injektor nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass der die Düsen-Austrittsöffnungen (26 - 29)  
enthaltende (untere) Endbereich (61) des Düsenkörpers (20) und die  
- jeweils als Schließkörper fungierenden - Endabschnitte (62, 63) der  
beiden Düsennadeln (21 bzw. 41) konisch ausgebildet sind, wobei sich  
die Endabschnitte (62, 63) der Düsennadeln (21 bzw. 41) in gemeinsamer  
Schließ- bzw. Öffnungsstellung zu einer einheitlichen Konusfläche  
ergänzen.

5

10

### ZUSAMMENFASSUNG

Ein Injektor für Kraftstoff-Einspritzsysteme von Brennkraftmaschinen, insbesondere von direkteinspritzenden Dieselmotoren, besitzt einen in einem Injektorkörper (10) angeordneten Piezoaktor (16) der über erste Federmittel (35) einerseits mit dem Injektor (10), andererseits mit einem hülsenartigen Übersetzerkolben (33) in Anlage gehalten wird. Ferner sind ein mit dem Injektorkörper (10) verbundener, mindestens eine Düsenaustrittsöffnung (26, 27) aufweisender Düsenkörper (20), in dem eine abgestufte (erste) Düsennadel (21) axial verschieblich geführt ist, und innerhalb des Übersetzerkolbens (33) angeordnete (zweite) Federmittel (54) vorgesehen, welche - zusammen mit den rückseitig auf die (erste) Düsennadel (21) einwirkenden Einspritzdruck - die (erste) Düsennadel (21) in Schließstellung halten. Weiterhin weist der Injektor einen am düsennadelseitigen Ende des Übersetzerkolbens (33) ausgebildeten (äußeren) Steuerraum (47) auf, der über mindestens einen Leckspalt mit einer unter Einspritzdruck stehenden Kraftstoffzuführung (18) in Verbindung steht, wobei die (erste) Düsennadel (21) durch den im Steuerraum (47) befindlichen Kraftstoff in Öffnungsrichtung (55) beaufschlagt ist. Hierbei ist die (erste) Düsennadel (21) mit einem rückwärtigen Bereich (31), der einen größeren Durchmesser aufweist als ein düsenaustrittsseitiger Bereich der (ersten) Düsennadel (21), in den Innenraum (32) des Übersetzerkolbens (33) eingepasst.

Eine wesentliche Besonderheit besteht darin, dass die erste Düsennadel (21) eine durchgehende, konzentrische, durch einen Absatz (38) abgestufte



5        Axialausnehmung (39) aufweist, in der eine ebenfalls durch einen Absatz  
      (40) entsprechend abgestufte zweite Düsennadel (41) axial verschieblich  
      eingepasst ist, dass innerhalb der Axialausnehmung (39) - zwischen deren  
      Absatz (38) und dem Absatz (40) der zweiten Düsennadel (41) - ein (zweiter)  
      innerer Steuerraum (52) ausgebildet ist, der mit dem äußeren (ersten)  
10        Steuerraum (47) in hydraulischer Verbindung steht, und dass die  
      Steuerraumvolumina und die von den Steuerraumdrücken bzw. von dem  
      Druck der Kraftstoffzuführung (18, 19) bzw. vom Federmitteldruck  
      beaufschlagten Flächen der Düsennadeln (21, 41) so aufeinander  
      abgestimmt sind, dass sich die beiden Düsennadeln (21, 41) durch  
15        Veränderung der am Piezoaktor (16) anliegenden elektrischen Spannung  
      nacheinander öffnen lassen.

(Fig. 1)



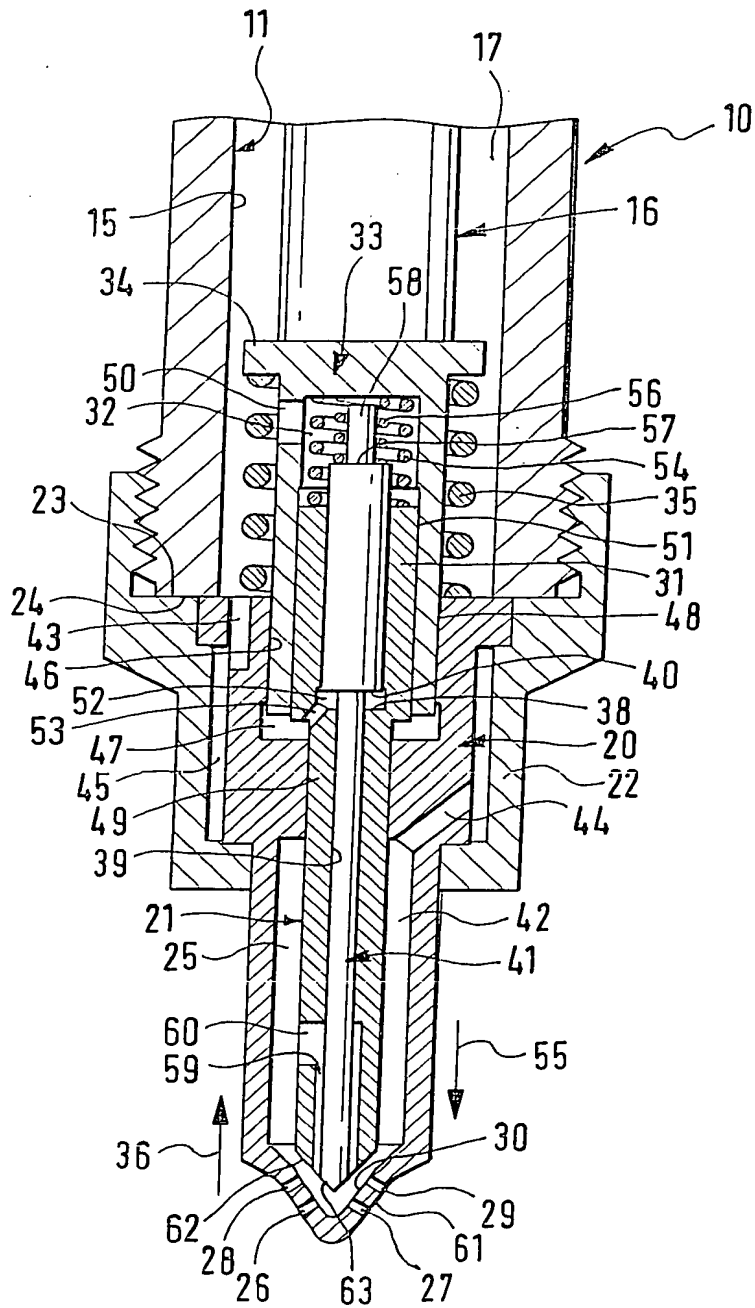
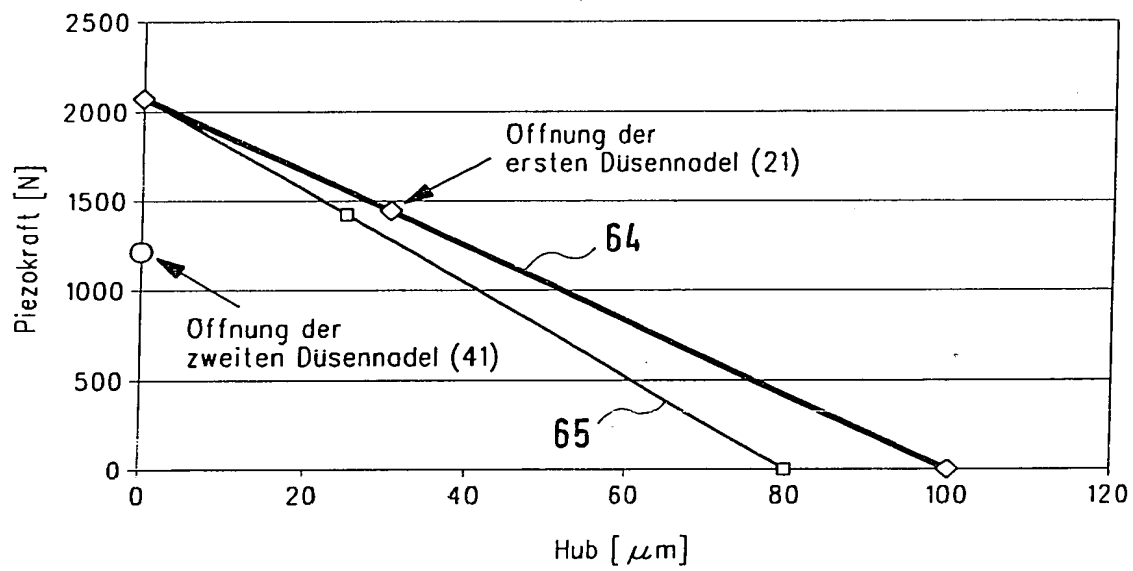


Fig. 2

*Fig. 3*

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**